

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO

**F MONTEJANO U
E MURGUIA V
A LIST M★**

**★
PROFESORES INVESTIGADORES, FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM**

RESUMEN

1. ANTECEDENTES	1
2. INVESTIGACION PRELIMINAR	1
2.1 Caudal de diseño	2
2.2 Procesos de tratamiento	2
2.3 Cálculo de unidades	5
2.4 Calidad de las aguas negras	12
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	12
FIGURAS	15

ABSTRACT

This paper describes the design problems of a sewage treatment plant to be located in the University City. Treated sewage will be used for irrigation of the campus gardens. Several processes have been considered in order to meet the purpose of achieving high efficiency while allowing didactic facilities.

In regard to the operational inflow, two alternatives are being studied: either the effluent sewage from the University complemented with sewage from the Magdalena river, or only sewage from this river, would be used. A decision about depends on the laboratory and field studies now being carried out.

Results obtained till July 1968 are presented.

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla el proyecto de una planta de tratamiento de aguas negras, en Ciudad Universitaria, para emplearlas en el riego de zonas verdes, considerando diversos procesos que cumplen la doble finalidad de conseguir mayor eficiencia y obtener información de carácter didáctico.

Se plantea la posibilidad de emplear todo el caudal aportado por el alcantarillado de Ciudad Universitaria, consistente en 30 lt/seg, complementado con las aguas negras del antiguo río Magdalena, o aprovechar solamente estas últimas; la selección final está supeditada a los resultados de los actuales estudios de campo.

Se describe el cálculo de las diversas unidades de tratamiento y se presenta un plan de distribución acorde con la utilización de aguas combinadas, en una zona dentro del campo universitario.

En este informe se presentan los trabajos desarrollados hasta julio de 1968.

1. ANTECEDENTES

Desde la fundación de Ciudad Universitaria (CU), se tenía planeada la construcción de una planta para tratar las aguas negras, pero por diversas razones no se llevó a cabo. Posteriormente, a raíz de la descompostura de una bomba del sistema interior de abastecimiento de agua potable, se hizo notar el problema creciente de la falta de agua, y la necesidad de tratar las aguas negras de CU para usarlas en el riego de las zonas verdes.

A principios de 1967, las autoridades universitarias encargaron al Instituto de Ingeniería el anteproyecto de una planta para tratar las aguas negras de CU con un gasto de 60 lt/seg dividido en dos líneas de unidades de 30 lt/seg cada una. Dicha planta se utilizaría con fines didácticos, de investigación, y, sobre todo, para aprovechar las aguas negras en el riego de las zonas verdes. Así, el agua potable que actualmente se deriva para el riego satisfará las demandas crecientes de la población estudiantil.

2. INVESTIGACION PRELIMINAR

Se estudió el caudal de operación más conveniente para la planta, y el tipo de unidades que la integrarían, de acuerdo con la calidad de las aguas negras que

transportan los emisores de CU. Los resultados de los estudios realizados hasta julio de 1968 se presentan a continuación.

2.1 Caudal de diseño

Con ayuda del Departamento de Conservación de la propia Universidad, se realizaron aforos continuos desde las 7 de la mañana hasta las 8 de la noche en los emisores, con objeto de determinar el caudal de aguas negras en época de estiaje, ya que en época de lluvias disminuye la necesidad de riego. Los resultados de gasto promedio fueron los siguientes:

En época de clases (diurno)	37 lt/seg
En vacaciones (nocturno)	10 lt/seg

Para lograr el gasto constante de 60 lt/seg que se pide en el proyecto, se presentaban dos alternativas: utilizar agua del colector que corre por el antiguo cauce del río Magdalena, cercano a CU, para complementar el gasto actual de los emisores de la misma, o hacer un estudio en que se tratará en la planta únicamente agua del río Magdalena.

2.2 Procesos de tratamiento

Como las aguas negras tratadas que se utilizan para riego necesitan una cloración rigurosa, el proceso o procesos biológicos elegidos (lodos activados, bioabsorción y filtros rociadores) deben tener una alta eficiencia para evitar grandes consumos de cloro. Para satisfacer el aspecto didáctico, se pensó que el anteproyecto puede consistir en una unidad de lodos activados y otra de filtros rociadores, ambas con su respectivo tratamiento primario y sedimentador secundario. A continuación se citan las unidades que se calcularon para cada uno de los procesos.

Pretratamiento para filtros rociadores y lodos activados:

- Canal de rejillas
- Desarenador
- Vertedor proporcional
- Cárcamo de bombeo

Para lodos activados:

- Sedimentador primario o rectangular con rastras y tolva de recolección de lodos
- Tanque de aeración con placas difusoras
- Sedimentación secundaria con recirculación de lodos
- Digestores con serpentines de calentamiento
- Lechos de secado de lodos

Para el filtro rociador:

- Tanque Imhoff (sedimentación y digestión de lodos)
- Unidad de filtro rociador
- Sedimentación secundaria con recirculación de lodos
- Filtros de vacío para el secado de lodos.

Después del cálculo preliminar, se estimó la superficie total requerida, y se solicitó al Departamento del Distrito Federal la nivelación de la zona próxima a los emisores, posible lugar de ubicación de la planta, ya que existe superficie suficiente para ello.

Posteriormente, a fines de 1967, el ingeniero Max Lothar Hess, consultor de la Oficina Sanitaria Panamericana, a invitación de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería, hizo útiles sugerencias para el diseño y construcción de la planta:

- a) Estudiar la posibilidad de emplear el proceso de bioabsorción
- b) Dada la baja concentración de las aguas negras, en el caso de lodos activados y bioabsorción, sería posible eliminar la sedimentación primaria. Para los filtros rociadores no sería posible, pues se tendría una rápida obstrucción del lecho filtrante
- c) Desde el punto de vista económico, convendría estudiar la posibilidad de eliminar sedimentos hidráulicamente, proyectando los sedimentadores con tolvas
- d) La aeración podría realizarse mecánicamente, mediante el uso de rotores
- e) Operar cada una de las líneas de unidades de la planta con gasto constante de 30 lt/seg.

Como conclusión de lo anterior quedan las siguientes posibilidades de combinación:

Bioabsorción con lodos activados
Filtro rociador con lodos activados
Filtro rociador con bioabsorción

Desde el punto de vista didáctico, posiblemente la primera sea la menos acertada, pues combina dos procesos de principio semejante, aunque económicamente fuese la más conveniente.

Se calcularon las unidades de bioabsorción y de filtro rociador, así como las de tratamiento primario y sedimentador secundario de cada una; se revisó también la unidad de lodos activados.

2.3 Cálculo de unidades

Condiciones generales:

Gasto de tratamiento: 60 lt/seg

Concentración de las aguas negras expresada en DBO: 100 mg/lt

2.3.1 Pretratamiento

A) Canal de rejillas

1. Velocidad mínima para evitar la sedimentación de arena: 0.6 m/seg
2. Velocidad máxima de paso entre barras de rejilla para que no haya desentrampe: 0.75 m/seg
3. Inclinação de las rejillas con respecto a la horizontal: 30° para facilitar la limpieza manual
4. Separación conveniente entre las barras: 2.5 a 6.3 cm; se optó por 4 cm
5. Dimensiones de la solera para una altura aproximada de 50 cm: espesor, 0.63 cm; ancho, 3.00 cm
6. Bordo libre: 40.00 cm.

Con las recomendaciones anteriores, se obtuvo un ancho de 40 cm y una altura de 65 cm, incluyendo bordo libre, lo que hizo necesaria la instalación de ocho barras.

B) Desarenador

1. En el cálculo se consideró un solo desarenador, pero es recomendable construir otro paralelo y de las mismas dimensiones, para alternar su operación mientras se realiza la limpieza del que esté fuera de servicio.

2. Cargas superficial especificada para eliminar partículas de 0.2 mm y mayores, a una temperatura de 20 °C
3. Velocidad para el desarenador lleno de sedimentos en su parte destinada para este fin: 0.35 m/seg, para evitar la sedimentación de materia orgánica
4. Velocidad para el desarenador limpio: 0.3 m/seg
5. Dispositivo de control para mantener la velocidad constante: vertedor proporcional, con lo cual se controlan las velocidades mencionadas.

De acuerdo con lo establecido, se obtuvo:

Area horizontal requerida	2.60 m ²
Ancho adoptado	0.40 m
Longitud	6.50 m
Tirante para desarenador vacío	0.50 m
Tirante para desarenador lleno	0.43 m

Por consiguiente, la caída será de 0.07 m, espacio que se utilizará para recolectar arena sedimentada.

C) Vertedor proporcional

1. Vertedor proporcional tipo Sutro
2. Coeficiente de descarga 0.60, valor obtenido de datos experimentales.

Aplicando las fórmulas, se obtuvo:

Base de vertedor	27 cm
Tirante máximo	43 cm

D) Cárcamo de bombeo

Como el caudal de operación de la planta se consideró constante, se calculó para un tiempo máximo de retención de dos horas, con una sección transversal de cárcamo trapezoidal.

Los cálculos realizados arrojan los siguientes resultados:

Volumen	216 m ³
Superficie horizontal	12 x 4 = 48 m ²
Altura de la sección rectangular del trapecio	3 m
Pendiente aproximada de la sección triangular	1 a 1,5
Altura de la sección triangular	2.85 m

2.3.2 Filtros rociadores. Tratamiento primario

A) Sedimentador

1. Tiempo de retención conveniente: de 1 a 3 h. Aceptado, dada la baja concentración a tratar: una hora
2. Remoción de lodos: hidráulica, por medio de tolvas de superficie horizontal cuadrada
3. Caudal de diseño: 30 lt/seg
4. Diámetro de la tubería para la extracción de lodos facilitando la salida de los sedimentos: 20 cm

5. Dispositivo de entrada: canal de sección rectangular con descarga a través de orificios en la parte inferior
6. Pendiente para las paredes de las tolvas que facilita la acumulación de sedimentos en la parte inferior: 1 a 1,4
7. Profundidad conveniente del tanque: entre 2.40 y 3.05 m. Adoptada: 2.40 m
8. Bordo libre: 0.50 m

Aplicando lo anterior, se obtuvo:

Volumen necesario	108 m ³
Ancho del sedimentador	3 m
Largo	15 m
Número de tolvas	5
Profundidad extra al vértice de la tolva	2.10 m
Profundidad máxima del sedimentador	4.50 m

B) Tratamiento biológico. Unidad de filtro rociador

1. Carga recomendada por el doctor Imhoff: 0.87 kg DBO/m³/día
2. Taza hidráulica para la eliminación de todo el material atrapado: 0.8 m³/m²/h
3. Profundidad del filtro: entre 1 y 4.6 m
4. Distribución de las aguas negras sobre el lecho filtrante por medio de brazos rotatorios
5. Capas del lecho filtrante distribuidas en la siguiente forma: Lechos superior e inferior con un espesor aproximado de 0.40 m, con un material granular que tenga un diámetro medio de 8 a 17 cm

Lecho central con una altura igual a la diferencia entre la altura obtenida en el cálculo menos los 80 cm considerados anteriormente, y con un material cuyo diámetro medio sea de 6 a 8 cm

6. Caudal de diseño: 30 lt/seg

2.3.3 Unidad de bioabsorción

1. Aeración mecánica, por medio de rotores TNO, con lo cual se evitan altos costos
2. Eficiencia aceptada para los rotores: 3 kg oxígeno/h/m de eje para un rotor de 0.7 m de diámetro máximo y 80 rev/min, valor práctico recomendado
3. La cantidad de oxígeno requerida a partir de la DBO deberá afectarse de un factor de seguridad de 1.5
4. Tiempo de retención para el tanque de aeración de lodos: 8 h, para facilitar las características de adsorción y dar margen al mezclado
5. Caudal de operación del tanque de aeración: 25 por ciento del caudal de entrada a la unidad, valor especificado prácticamente
6. Tiempo de retención para el tanque de mezclado: 30 min, para un caudal del 125 por ciento del de entrada
7. Sección transversal de los tanques de aeración y mezclado: trapezoidal
8. Caudal de entrada: 30 lt/seg
9. Dimensiones obtenidas:

Volumen del tanque de aeración	270 m ³
Ancho adoptado	4 m
Profundidad media	2.5 m
Longitud	27.0 m

Se instalarán cuatro rotores de 1.40 m de longitud

Volumen del tanque de mezclado	67 m ³
Ancho	4 m
Profundidad media	2.5 m
Longitud	6.7 m

2.3.4 Unidad de lodos activados

1. Caudal de diseño : 30 lt/seg
2. Carga hidráulica considerada expresada en DBO: 100 mg/lt
3. Eficiencia del tratamiento: 90 por ciento, con lo cual se evitan grandes consumos posteriores
4. Aeración por medio de placas difusoras
5. Superficie máxima de placas difusoras: menor del 15 por ciento del área superficial del tanque, que es el valor recomendado para dar lugar a una circulación helicoidal.

Aplicando las fórmulas correspondientes y con las consideraciones anteriores, se obtuvo un tiempo de retención de 5 h para un caudal del 115 por ciento del de entrada. Aceptando una profundidad de 3 m, el área superficial requerida es de 210 m²; por consiguiente, para un ancho de 3 m es necesaria una longitud de 70 m.

6. Area necesaria para las placas difusoras: 30.3 m²

2.3.5 Tratamiento secundario

Cálculos para cualquiera de las tres unidades del tratamiento biológico:

1. Tiempo de retención: 2 h, pues las partículas que se van a sedimentar son más ligeras

2. Remoción de lodos: hidráulicos, por medio de tolvas, con lo cual se evitan equipos de remoción
3. Caudal de diseño: 30 lt/seg
4. Diámetro de la tubería para extracción de lodos: 20 cm
5. Pendiente para las paredes de las tolvas para evitar la deposición de sedimentos antes de llegar al fondo: 1:1.4
6. Bordo libre: 0.5 m
7. Dispositivo de entrada: canal rectangular con descarga por medio de orificios para conseguir una mejor distribución y evitar cortocircuitos
8. Velocidad de entrada: 0.33 m/seg, para no propiciar la rotura de flóculos
9. Dispositivo de salida: canaleta de sección rectangular con una longitud tal que la carga aplicada sea menor de 6.21×10^5 lt/día/m, con lo cual se controla una velocidad baja de salida.

Con las consideraciones anteriores, se obtuvo lo siguiente:

Volumen necesario	216 m ³
Ancho adoptado	4 m
Profundidad, sin considerar la debida a la tolva	2.7 m
Longitud	20 m
Profundidad adicional por la tolva	2.8 m
Altura máxima del agua	5.5 m
Longitud del canal de salida	4.2 m
Orificios en el fondo del canal de entrada	15 (con un diámetro de 10 cm)

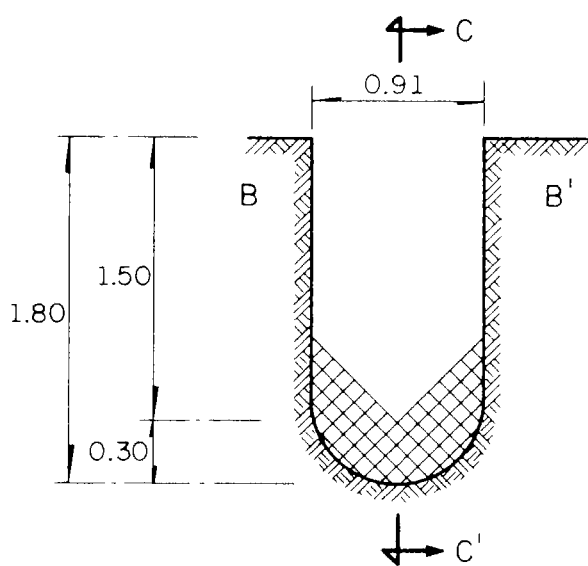
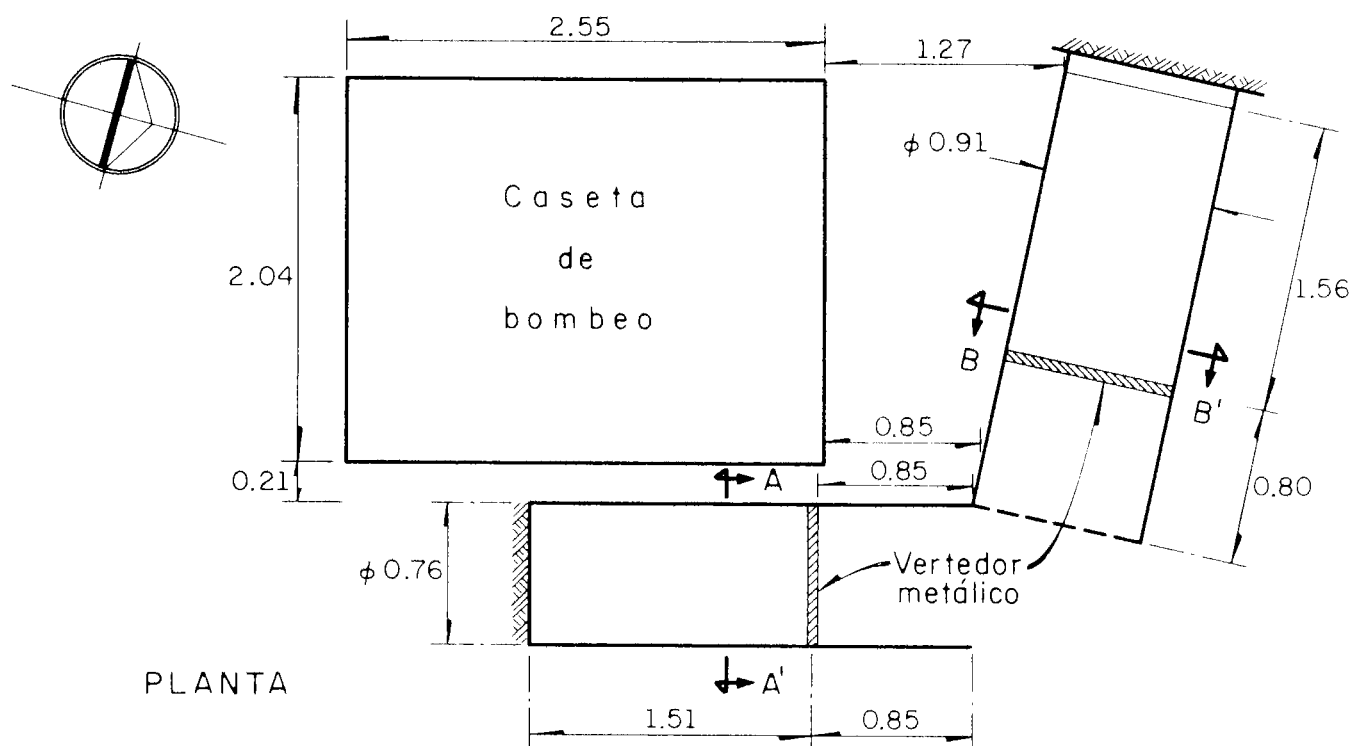
2.4 Calidad de las aguas negras

Mediante los análisis de laboratorio, se obtuvo una DBO de 100 mg/lit para las aguas de la Universidad. En la siguiente etapa de investigación, se determinará la calidad del agua del río Magdalena.

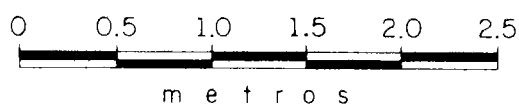
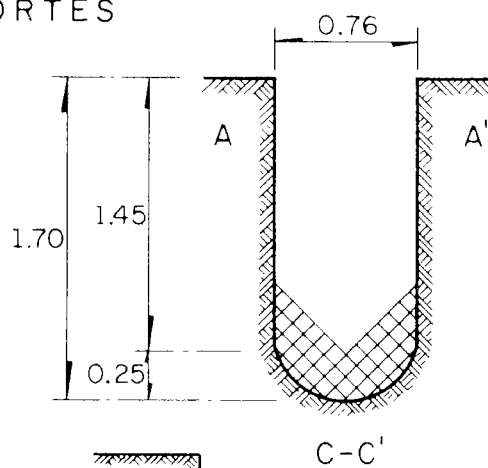
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. APHA, AWWA y WPCF, **Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho**, *Interamericana*, 11a ed
2. Babbitt y Baumann, **Alcantarillado y tratamiento de aguas negras**, *CECSA*, México, D. F. (1962)
3. Burgess, Glimour, Merry Field y Carswell, **Evaluation Criteria for Deep Trickling Filters**, *Journal WPCF*, Vol 33, No 3 (mar 1964)
4. C. V. Davis, **Handbook of Applied Hydraulics**, *McGraw-Hill Book Co., Inc.*, 2a ed, Nueva York (1952)
5. C. M. Fair y J. G. Geyer, **Water Supply and Waste Water Disposal**, *Wiley*, Nueva York (1954)
6. Hardenbergh y Rodie, **Ingeniería Sanitaria**, *CECSA*, México, D. F. (1966)
7. R. S. Howe, **Operational Problems of Package Activated Studge Plants**, *Journal WPCF*, Vol 33, No 11 (nov 1964)
8. K. Imhoff y G. M. Fair, **Sewage Treatment**, *Wiley*, 2a ed, Nueva York (1956)

9. Kehr y Von der Emde, **Activated Sludge in Germany**, *Journal WPCF*, Vol 32, No 10 (oct 1963)
10. H. W. King, **Handbook of Hydraulics**, *McGraw-Hill Book Co. Inc.*, Nueva York (1954)
11. J. McCabe y W. W. Eckenfelder, **BOD Removal and Sludge Growth in the Activated Sludge Process**, *Journal WPCF*, Vol 33, No 3 (mar 1964)
12. F. Montejano, **Tratamiento de aguas negras**, Apuntes para la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería (1964)
13. P. P. Roman, K. H. Jenkins y D. W. Butler, **Sewage Treatment Construction Costs**, *Journal WPCF*, Vol 32, No 6 (jun 1963)
14. C. N. Sawger, **Activated Sludge Modifications**, *Journal WPCF*, Vol 32, No 3 (mar 1963)



CORTES



Notas: A 1.40 m desde el vertedor colocar regla vertical cuyo cero coincida con el vértice del mismo vertedor (ver esquema X)
Acotaciones, en m

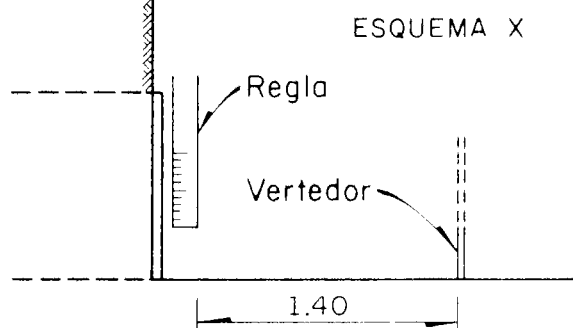


Fig 1. Planta de los emisores de Ciudad Universitaria y corte de los vertedores para aforo

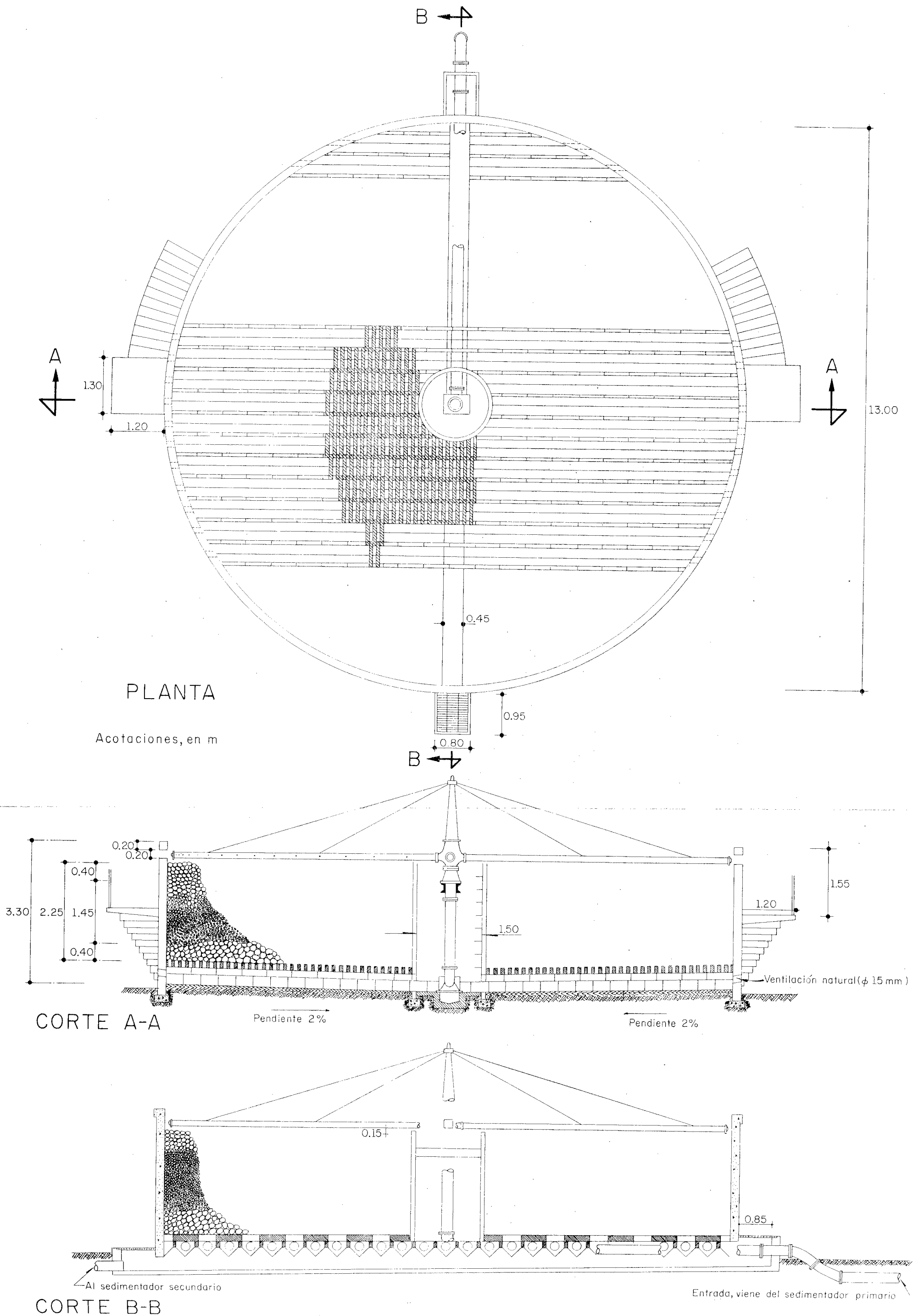
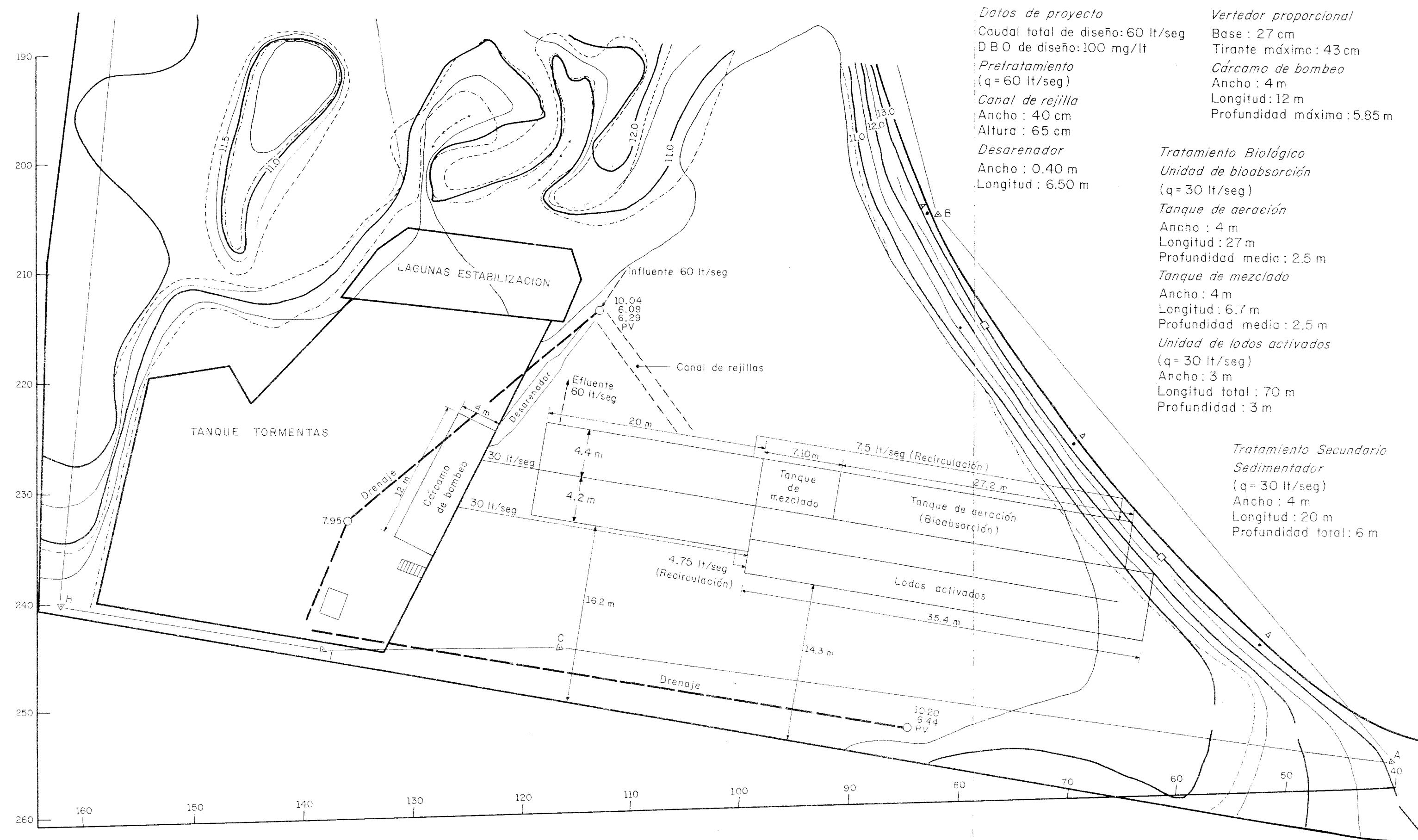


Fig 3. Filtro rociador



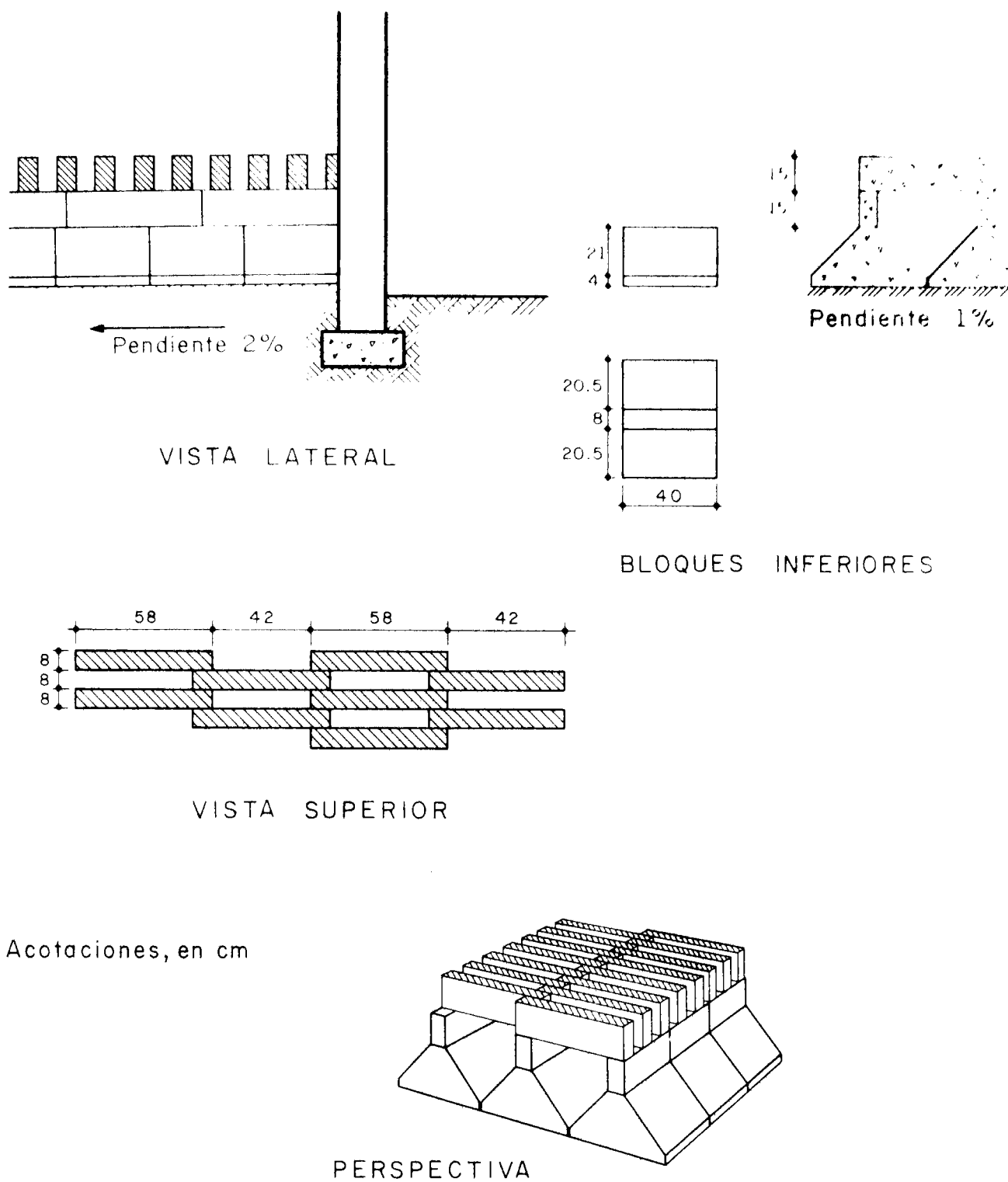
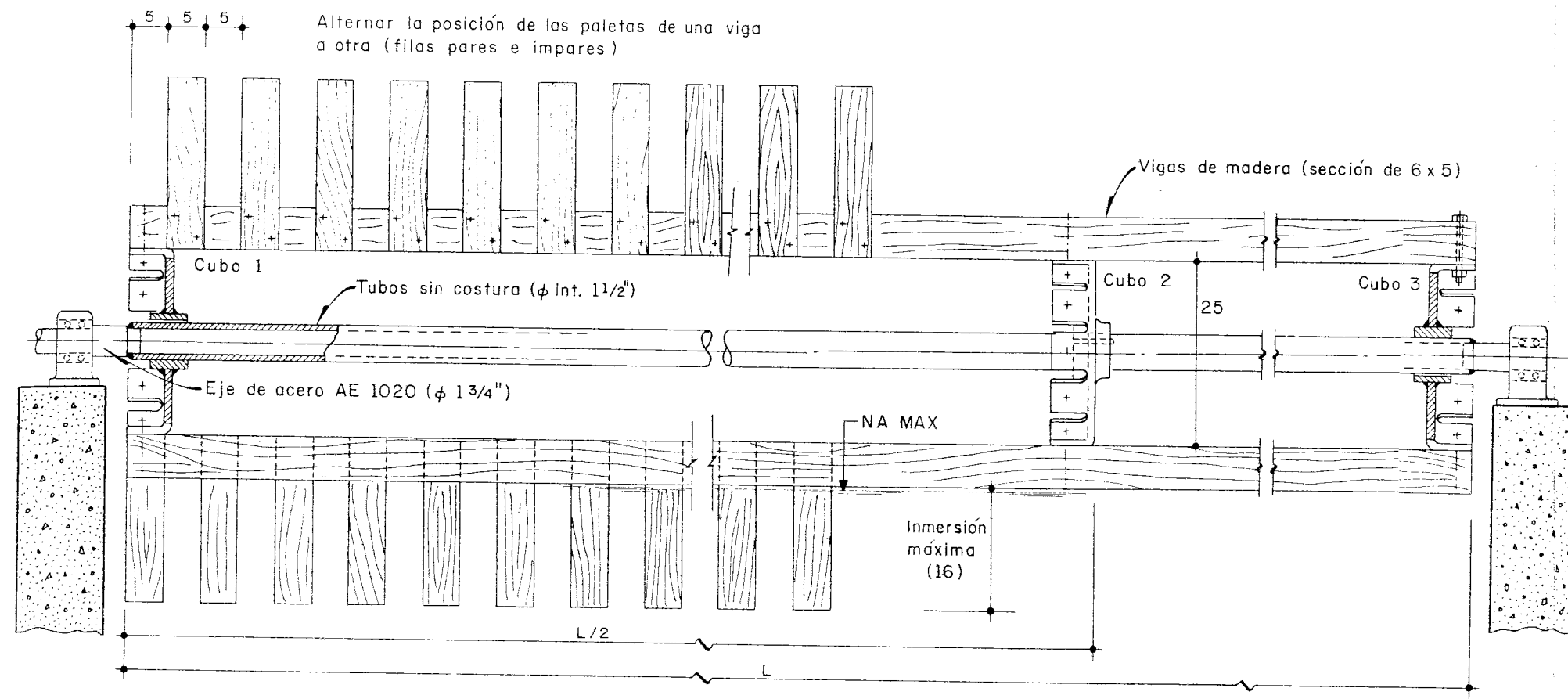
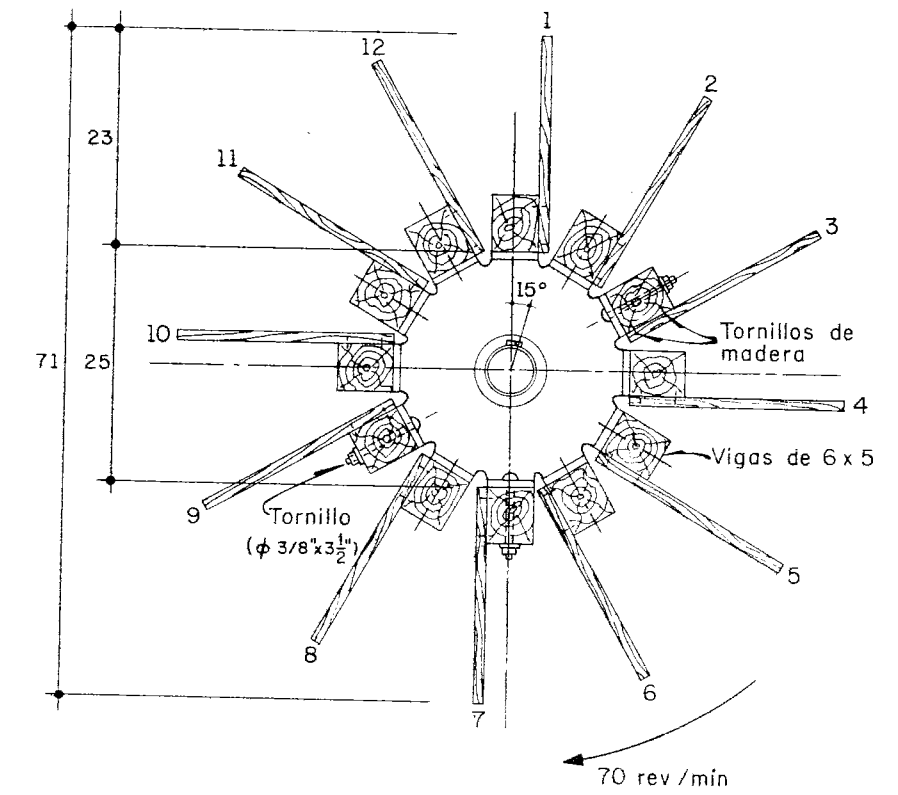


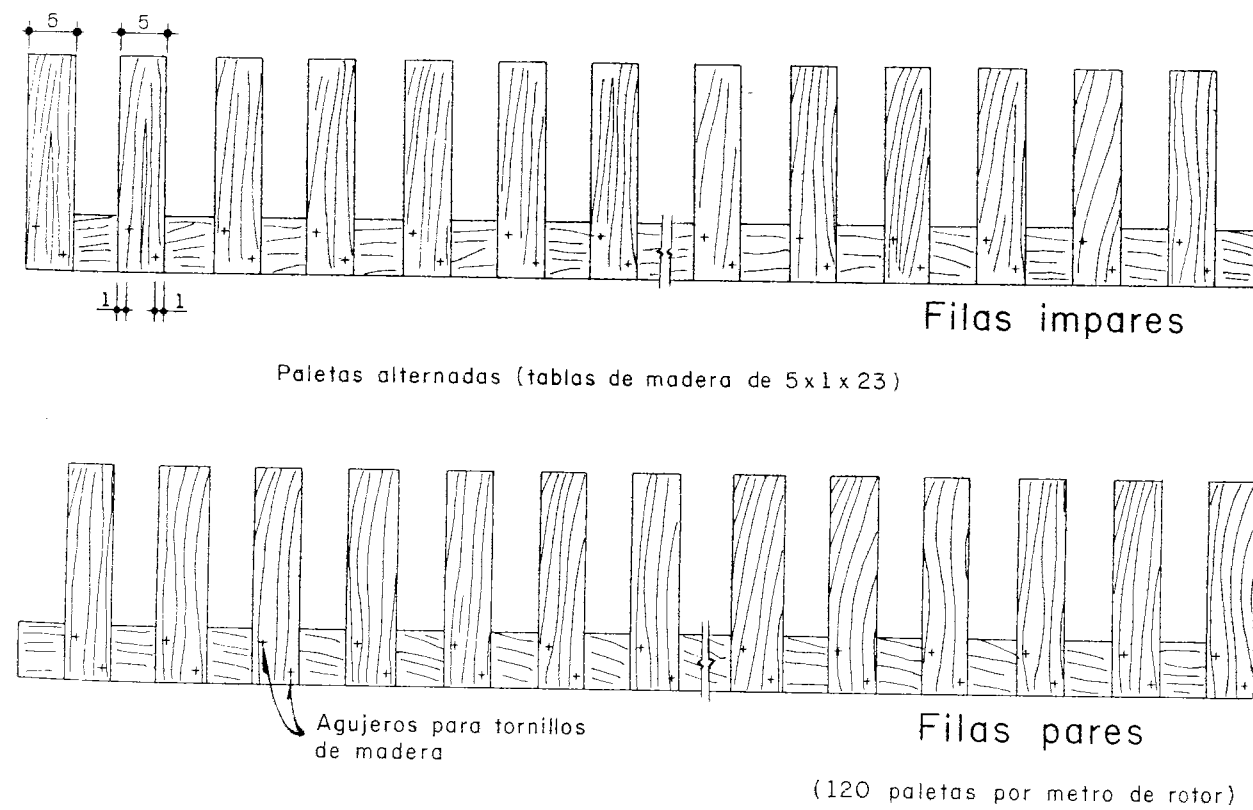
Fig 4. Detalles del fondo del filtro rociador



VISTA DE CONJUNTO



SECCION

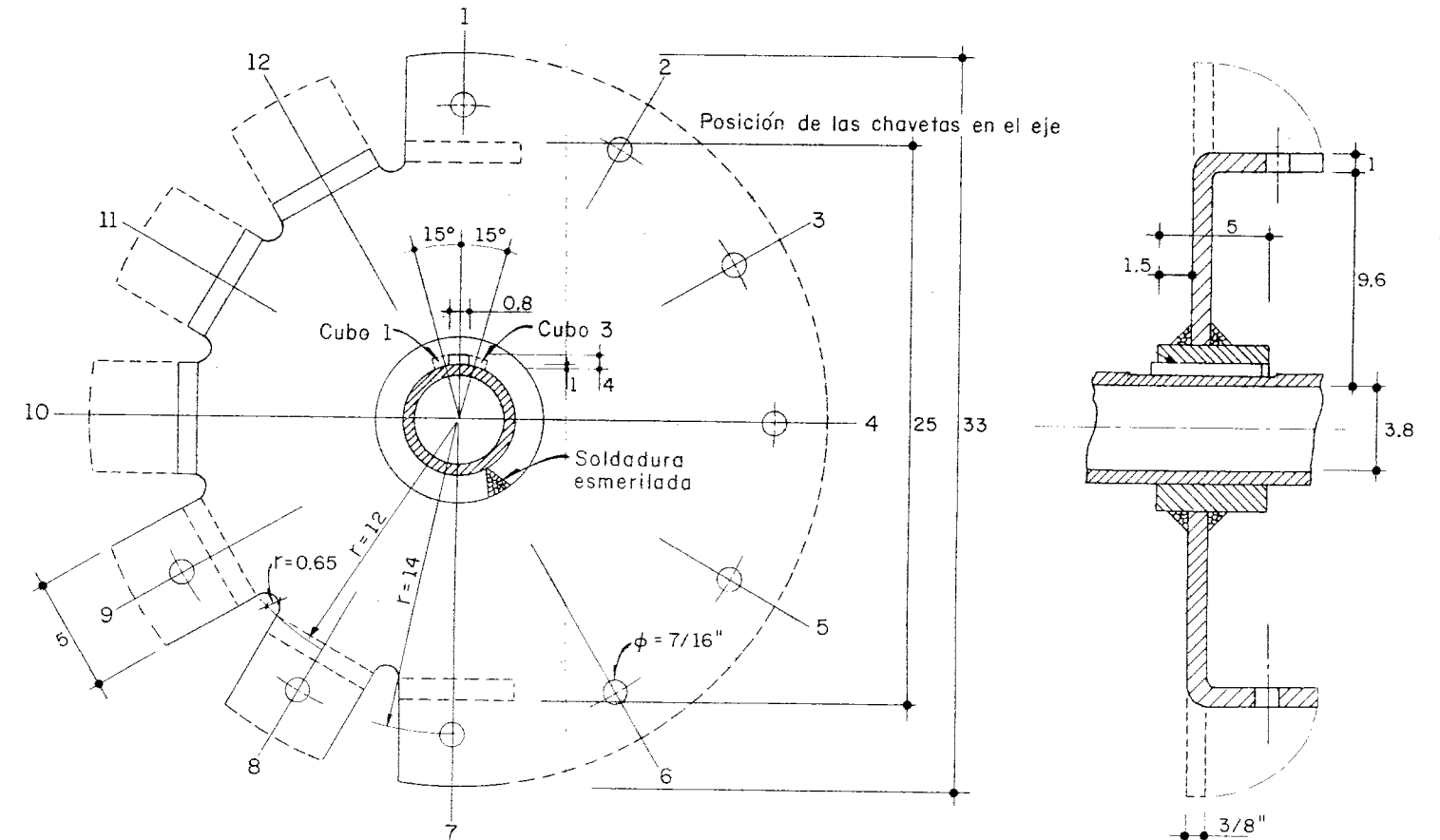


Notas:

Partes de madera pintadas con tinta bituminosa

Tornillos de latón (ϕ 3/8" x 3 1/2")

Partes metálicas pintadas con tres manos de tinta anticorrosiva



CUBO (Lámina negra de 3/8")

Acotaciones, en cm

Fig 5. Rotor para aeración